

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-166824

(P2001-166824A)

(43) 公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 5 B 23/02

識別記号

3 0 2

F I

C 0 5 B 23/02

テーマコード^{*} (参考)

3 0 2 R 5 H 2 2 3

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平11-347694

(22) 出願日 平成11年12月7日 (1999.12.7)

(71) 出願人 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(72) 発明者 寺本 徹夫

明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

(72) 発明者 東 成昭

明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

(74) 代理人 100096839

弁理士 曾々木 太郎

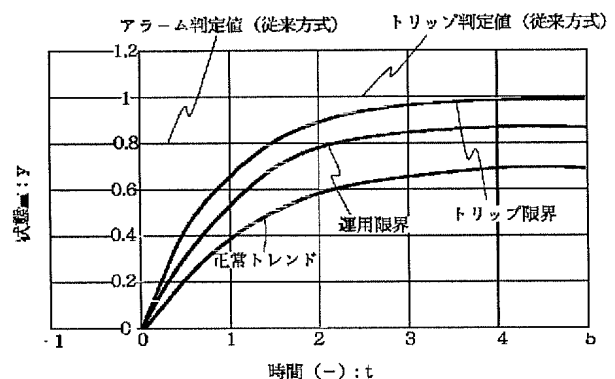
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 機器の診断方法および診断装置

(57) 【要約】

【課題】 予測精度が向上されるとともに、汎用性を有する機器の診断方法および診断装置を提供する。

【解決手段】 状態量の時間的変化が特定のパターンとなるプラントなどの機器において、状態量を状態量検出手段11により検出してその時間微分値を状態量微分値算出手段12により算出し、その算出された状態量の時間微分値がその状態量に対する制限値を超えている場合に異常と診断するものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 状態量の時間的变化が特定のパターンとなる機器に適用される診断方法であって、検出された状態量の時間微分値が、その状態量に対する制限値を超えている場合、異常と診断することを特徴とする機器の診断方法。

【請求項2】 前記パターンが、漸近型パターンまたはオーバーシュート型パターンなどの特定の時間的变化パターンに近似できるものであることを特徴とする請求項1記載の機器の診断方法。

【請求項3】 前記制限値がアラームまたはトリップに対するものであることを特徴とする請求項1記載の機器の診断方法。

【請求項4】 前記機器が連続的運転形態または離散的運転形態とされてなることを特徴とする請求項1記載の機器の診断方法。

【請求項5】 状態量の時間的变化が特定のパターンとなる機器に適用される診断装置であって、入力された状態量の時間微分値を生成する状態量微分値算出手段と、前記時間微分値に基づいて機器の状態を診断する診断手段とを備えてなることを特徴とする機器の診断装置。

【請求項6】 前記パターンが、漸近型パターンまたはオーバーシュート型パターンなどの特定の時間的变化パターンに近似できるものであることを特徴とする請求項5記載の機器の診断装置。

【請求項7】 前記診断手段がアラーム判定手段またはトリップ判定手段であることを特徴とする請求項5記載の機器の診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は機器の診断方法および診断装置に関する。さらに詳しくは、信頼性および汎用性が向上されてなる機器の診断方法および診断装置に関する。ここに、機器とは、各種プラントや各種装置などを含む概念である。

【0002】

【従来の技術】各種プラントや各種機械装置、つまり機器が安全に運用されるためには、機器の各部の温度、圧力などの状態量が、それぞれ定められた運用範囲内に保たれるように、運転あるいは制御される必要がある。そして、何らかの異常の発生によりその運用範囲を超えた場合には、通常、機器を保護するために警報（アラーム）を発して運転員に対処を促すことがなされている。また、その異常の程度がはなはだしい場合には、機器全体あるいはその一部を緊急停止（トリップ）させるということがなされている。

【0003】ところで、この異常の種類には即座に運用範囲を超えるようなものもあるが、事前に異常の兆候が表れ徐々に運用範囲を超えるようなものも多く、また異

常の種類によっては、運用範囲を超えた時点では機器に相当のダメージが生じてしまっているものもある。そこで、従来より、機器の異常の兆候を検知して機器を異常に至る前に停止させる試みが種々なされている。

【0004】例えば、特開昭55-29051号公報には、回転機械の振動・振幅およびその変化率を用いて異常あるいは注意を要する状態に至るまでの時間を予測することが提案されている。しかしながら、前記提案においては変化率により異常を予測しているため、その予測精度は変化率の精度に依存しているという問題がある。特開昭58-5808号公報には、プラントの異常を検知した時点での状態変化率を求め、以後その変化率のままの状態で変化して行くと仮定してその後に発生する状態を近似的に予測することが提案されている。しかしながら、前記提案においても、変化率により異常を予測しているため、その予測精度は変化率の精度に依存しているという問題がある。

【0005】特開昭58-60233号公報には、压力容器の圧力あるいは密度のその変化率により、危険な状態に達するまでの時間を予測して、それにより対処する方法を選択することが提案されている。しかしながら、前記提案においても、変化率により異常を予測しているため、その予測精度は変化率の精度に依存しているという問題がある。

【0006】特開昭59-63529号公報には、回転機械の部品劣化を振動の変化から診断することを目的として、回転数区間ごとに求めた振動の平均値を時系列特性で表示し、その値に急峻な変化が認められた場合に、劣化が始まったと診断する方法が提案されている。しかしながら、前記提案においては、急峻な変化の後に劣化を判定しているため、その変化後においては機器に相当の損傷が発生するようなものについては適用できないという問題がある。

【0007】特開昭60-140163号公報には、バッテリー端子電圧とスタータモータの回転数の関係から、バッテリーの内部抵抗を推定演算し、その変化率からバッテリーの異常を診断することがなされている。しかしながら、前記提案においても、変化率により異常を予測しているため、その予測精度は変化率の精度に依存しているという問題がある。

【0008】特開昭62-156048号公報には、温度検出器からの信号を用いて、所定時間内の温度変化幅および変化率を逐次求め、それらを所定値と比較し、判定結果の組合わせにより異常の発生を予測することが提案されている。しかしながら、前記提案においても、変化率により異常を予測しているため、その予測精度は変化率の精度に依存しているという問題がある。

【0009】特開昭63-199408号公報には、温度検出器からの信号を用いて、温度が危険温度以上であるか、あるいは温度変化率が危険変化率であるかを判定

し、その組み合わせにより異常の発生やその程度を判別することが提案されている。しかしながら、前記提案においても、変化率により異常を予測しているため、その予測精度は変化率の精度に依存しているという問題がある。

【0010】特開平3-52542号公報には、回転機械の振動変化率のパターンから故障時期の予測を行うものであって、振動変化率のトレンドデータが増加している場合に、過去のトレンドデータの増加パターンと比較して故障の時期を推定するものが提案されている。しかしながら、前記提案においても、変化率により異常を予測しているため、その予測精度は変化率の精度に依存しているという問題がある。

【0011】特開平3-138057号公報には、温度検出器からの信号の時系列変化に、異常な温度変化が認められた場合に、温度分布の位置パターンに対する識別結果と合わせて異常を判定または予測することが提案されている。しかしながら、前記提案においては、予測精度が閾値の設定に大きく依存しているという問題がある。

【0012】特開平10-31511号公報には、測定値の時系列データにおける周波数成分の変化量が許容変化量の範囲内か否かを判定し、それにより測定値が大きく変化する兆候を検知することが提案されている。しかしながら、前記提案においては、膨大な時系列データを保持していなければならないという問題がある。

【0013】特開平10-60510号公報には、圧力の時系列データを周波数解析し、特定の周波数成分の時間的な変化を監視することにより、炉内の異常傾向を事前に予測することが提案されている。しかしながら、前記提案においても、膨大な時系列データを保持していなければならないという問題がある。

【0014】また、前記各提案においては、予測対象が限定されていて汎用性に欠けるという問題もある。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】本発明はかかる従来技術の課題に鑑みなされたものであって、予測精度が向上されるとともに、汎用性を有する機器の診断方法および診断装置を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の機器の診断方法は、状態量の時間的な変化が特定のパターンとなる機器に適用される診断方法であって、検出された状態量の時間微分値が、その状態量に対する制限値を超えている場合、異常と診断することを特徴とする。

【0017】本発明の機器の診断方法は、例えば前記機器が連続的運転形態または離散的運転形態とされるもの

$$dy/dt = (y_B - y) / T_C$$

前記(3)式は、状態量： y の時間変化率（時間一次微分値）： dy/dt が、状態量： y の一次式となること

に適用される。

【0018】ここで、前記制限値は、例えばアラームやトリップに対するものとされる。

【0019】一方、本発明の機器の診断装置は、状態量の時間的な変化が特定のパターンとなる機器に適用される診断装置であって、入力された状態量の時間微分値を生成する状態量微分値算出手段と、前記時間微分値に基づいて機器の状態を診断する診断手段とを備えてなることを特徴とする。

【0020】本発明の機器の診断装置においては、前記診断手段が、例えばアラーム判定手段やトリップ判定手段とされる。

【0021】ここで、前記パターンは、例えば漸近型パターンやオーバーシュート型パターンなどの特定の時間変化パターンに近似できるものとされる。

【0022】

【作用】本発明は前記の如く構成されているので、状態量が小さい段階、つまり運転開始後の早い段階においても機器の異常を予測できる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら本発明を実施形態に基づいて説明するが、本発明はかかる実施形態のみに限定されるものではない。

【0024】実施形態1

プラントの中には各部の時系列特性、つまり正常トレンドが、図1に示すように、漸近して整定するものが知られている。このものは、下記式(1)によりモデル化することができる。つまり、一次遅れ系としてモデル化できる。

【0025】

【数1】

$$y = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ y_B \cdot (1 - \exp(-t/T_C)) & (t \geq 0) \end{cases} \quad (1)$$

【0026】また、この式(1)を時間微分すると下記式(2)が得られる。

【0027】

【数2】

$$dy/dt = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ (y_B/T_C) \cdot \exp(-t/T_C) & (t \geq 0) \end{cases} \quad (2)$$

【0028】そして、この式(2)を式(1)に代入して整理すると下記式(3)が得られる。

【0029】

$$(y \leq y_B) \quad (3)$$

を示している。なお、ここでは状態量は規格化された状態量とされている。

【0030】図2はこの関係を示したグラフである。つまり、正常運転時の軌跡、つまり正常トレンド軌跡を示している。なお、図2において、横軸は状態量を示し、縦軸は状態量の時間変化率、つまり状態量微分値を示す。

【0031】また、プラントの種類によっては過去の運転実績から、運用としての限界、つまりこの状態を超えて長時間運用すると損傷が発生する可能性がある限界が知られているものもある。この運用としての限界（運用限界）を図1に併せて示す。さらに、プラントの種類によっては過去の運転実績から、トリップに至る限界、つまりこの状態を超えて運用するとかなりのダメージが発生する可能性がある限界も知られているものもある。このトリップに至る限界（トリップ限界）も図1に併せて示す。

【0032】そして、これら運用限界およびトリップ限界における状態量と状態量の時間微分値との関係も、正常トレンドと同様に一次式にて表すことができるので、この運用限界およびトリップ限界に対応するもの、つまり運用限界軌跡およびトリップ限界軌跡も併せて図2に示す。

【0033】しかし、前述した運用限界およびトリップ限界の意義より、実際の運転データ（実データ）が運用限界軌跡から上にある場合には、運用限界を超える可能性が高く、また実データがトリップ限界軌跡から上にある場合には、トリップに至る可能性が高いと推定できる。したがって、推定の誤差、計測ノイズによる影響、および危険ゾーンから離れている場合の余裕マージンを適宜選定して、運用限界軌跡およびトリップ限界軌跡のそれぞれ上方に運用限界判定ライン、つまりアラーム判定ラインおよびトリップ判定ラインをそれぞれ設定することができる。

【0034】ここで、危険ゾーンから離れている場合の余裕マージンとは、図1より明らかなように、状態量が小さい場合には、状態量の時間微分値が大きくても問題を生ずるおそれが少ないため、マージンが大きくとれるということを意味している。

【0035】図2にこのようにして設定されたアラーム判定ラインおよびトリップ判定ラインを追記したものを図3として示す。

【0036】図3に示す例においては、アラーム判定ラインは、点(0, 1.2)および点(0.8, 0.2)を通る直線と、点(0.8, 0.2)および点(0.9, 0.0)を通る直線とを組合わせた折れ線とされている。ここで、点(0.9, 0.0)は運用限界軌跡の横軸との交点を示す。つまり、状態量が0.8までの区間は基準を甘くし、状態量が0.8から1の区間は基準を厳しくしている。これは、ノイズは時間変化率が大きいため、状態量が小さくて機器に実際にトラブルを生ずるおそれが小さい区間において、ノイズにより誤って要

アラームの判定がなされるのを避けるとともに、状態量が大きくて機器に実際にトラブルを生ずるおそれが大きい区間において、確実に要アラームの判定がなされるようにするためである。

【0037】また、トリップ判定ラインは、状態量が0.8まではアラーム判定ラインとほぼ平行とされる一方、状態量が0.8を超える部分については点(0.8, 0.4)および点(1, 0)を結ぶ直線とされている。つまり、状態量が0.8までの区間は基準を甘くし、状態量が0.8から1の区間は基準を厳しくしている。これもアラーム判定ラインと同様に、状態量が小さくて機器に実際にダメージを与えるおそれが小さい区間において、ノイズにより誤ってトリップの判定がなされるのを避けるとともに、状態量が大きくて機器に実際にダメージを与えるおそれが大きい区間において、確実にトリップの判定がなされるようにするためである。

【0038】しかし、この図3における要アラームの判定は、実データが何からの原因により正常トレンド軌跡から外れて、アラーム判定ラインに到達した時点でなされる。図3より明らかなように、この要アラームの判定は状態量が小さい場合においてもなし得る。そのため、状態量の閾値により要アラームの判定をなす従来の診断方法に比して早い段階でも要アラームの判定がなし得る。

【0039】また、トリップの判定も同様に実データがトリップ判定ラインに到達した時点でなされる。この場合も前記と同様に状態量の閾値によりトリップの判定をなす従来の診断方法に比して早い段階でもトリップの判定がなし得る。

【0040】次に、かかる診断方法に適用される診断装置の一例について説明する。

【0041】図4に示すように、この診断装置10は、状態量検出手段11からの検出値に基づいて状態量の時間微分値、つまり状態量の時間変化率を算出する状態量微分値算出手段12と、前記状態量微分値算出手段により算出された状態量の時間変化率に基づいてアラームの必要性の有無を判定するアラーム判定手段13と、前記状態量微分値算出手段12により算出された状態量微分値に基づいてトリップを判定するトリップ判定手段14とを主要構成要素として備えてなる。

【0042】かかる各手段12, 13, 14を備える診断装置10は、例えば図5に示すようにCPUを中心として、メモリ、プログラム記憶装置、入出力インターフェース、A/D変換器、デジタル出力装置、クロックを備えたコンピュータにおいて、そのプログラム記憶装置に状態量微分値算出手段12に対応するプログラム（状態量微分値算出プログラム）、アラーム判定手段13に対応するプログラム（アラーム判定プログラム）、およびトリップ判定手段14に対応するプログラム（トリップ判定プログラム）を格納することにより実現される。

また、前記のコンピュータはパソコンでも良く、そしてアラーム信号およびトリップ信号は、パソコン上のCRTに表示してもよい。さらに、状態量の検出値は他の装置からの通信によって入力してもよい。

【0043】より具体的には、状態量微分値算出プログラムは、状態量検出手段11からの検出値を時間微分するようにプログラムされたものとされる。

【0044】アラーム判定プログラムは、前記状態量微分値算出手段により算出された状態量の時間変化率、つまり状態量微分値が、例えば予め格納されているアラーム判定関数により規定されるアラーム判定値を超えているか否かを判定し、そして前記微分値がアラーム判定値を超えていれば、アラーム信号の出力を指示するようにされてなるものとされる。この場合、アラーム信号は、状態量微分値がアラーム判定値を超えている間中出力されるようにされていてもよく、オペレータがアラーム状態を確認した後に解除されるようにされていてもよい。なお、前記においては、アラーム判定値は関数の形態とされているが、アラーム判定値はマップの形態で格納されていてもよい。つまり、アラーム判定マップとされてもよい。

【0045】トリップ判定プログラムは、アラーム判定手段13によりアラームが出された後の状態量微分値が、例えば予め格納されているトリップ判定関数により規定されるトリップ判定値を超えているか否かを判定し、そして前記状態量微分値がトリップ判定値を超えていれば、トリップ信号の出力を指示するようにされてなるものとされる。なお、前記においては、トリップ判定値は関数の形態とされているが、トリップ判定値はマップの形態で格納されていてもよい。つまり、トリップ判定マップとされてもよい。

$$y = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ y_b \cdot \{1 - \exp(-\xi t/T_d) \sin(\Phi(t/T_d) + \cos^{-1}\xi)/\Phi\} & (t \geq 0) \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{ここに、}\Phi = \sqrt{1 - \xi^2}$$

【0053】図7に図6に示す正常トレンド、運用限界およびトリップ限界に対応した、正常トレンド軌跡、運用限界軌跡およびトリップ限界軌跡を数値解析にて求めたものを示す。

【0054】ところで、この二次遅れ系においては実施形態1における一次遅れ系と異なり、状態量とその時間変化率の関係を解析的に求めることは困難であるが、sinの微分はcosとなるという三角関数の性質を利用

$$\begin{cases} dy/dt = \max(dy/dt) & (y < y_b/2) \\ \left(\frac{(dy/dt)}{\max(dy/dt)} \right)^2 + \left(\frac{2y - y_b}{y_b} \right)^2 = 1 & (y_b/2 \leq y \leq y_b) \end{cases} \quad (5)$$

【0046】このように、この実施形態1においては、状態量の小さい段階、つまり運転開始の早い段階においてもプラント各部の異常が予測できるので、プラントの異常によるプラント各部の損傷を最小限に抑えることができる。

【0047】また、この実施形態1では状態量の時間変化率により異常発生の時間予測を行っていないので、時間予測が状態量の時間変化率の精度により影響を受けることはない。

【0048】さらに、この実施形態1は漸近型モデルによりモデル化される全ての機器に対して適用可能であるので汎用性が高い。

【0049】さらにまた、過去の実データを判定のために保持させておく必要がないので、診断装置10の構成を簡素化できる。

【0050】さらにまた、異常の判定を状態量とその時間変化率との関係に基づいて行っているため、異常の判定に時間スケールが関係しない。そのため、短時間の連続時間トレンドの運転形態ばかりでなく、長時間の離散時間トレンドの運転形態についての異常の判定がなし得る。例えば、日、週、月などのオーダーで表したような時間トレンドの運転形態に対しても適用できる。

【0051】実施形態2

プラントの中には各部の時系列特性、つまり正常トレンドが、図6に示すように、オーバーシュートして整定するものが知られている。このものは、例えば下記式(4)によりモデル化することができる。つまり、二次遅れ系としてモデル化できる。

【0052】

【数3】

すれば、下記式(5)に示したように、適当な楕円式と直線との組み合わせにより、実施形態1と同様にアラーム判定ラインおよびトリップ判定ラインを設定することができる。また、簡便化のために、楕円に替えて真円を用いてもよい。

【0055】

【数4】

$$(y < y_b/2)$$

【0056】図7にこのようにして設定されたアラーム判定ラインおよびトリップ判定ラインを追記したものを図8として示す。図8に示す例においては、アラーム判定ラインは、状態量が小さい区間、すなわち横軸の状態量が $y < y_B/2$ の区間においては、図6から明らかなように、状態量の時間微分値が大きくても問題を生ずるおそれが少ないため、運用限界軌跡の最大値を包含する直線： $dy/dt = 0.45$ をアラーム判定ラインとし、状態量が大きい区間、すなわち横軸の状態量が $y_B/2 \leq y \leq y_B$ の区間においては、運用限界軌跡を包含するように、点(0.45, 0.45)および点(0.9, 0.0)を通る円(ここでは、点(0.45, 0.0)を中心とする半径0.45の円)の右上四半円の円弧をアラーム判定ラインとし、これらの直線および円弧を組み合わせたものとしている。ここで、点(0.45, 0.0)は運用限界軌跡の横軸最大値との交点を表している。

【0057】また、トリップ判定ラインは、状態量が小さい区間、すなわち横軸の状態量が $y < y_B/2$ の区間においては、トリップ限界軌跡の最大値を包含する直線： $dy/dt = 0.5$ をトリップ判定ラインとし、状態量が大きい区間、すなわち横軸の状態量が $y_B/2 \leq y \leq y_B$ の区間においては、トリップ限界軌跡を包含するように、点(0.5, 0.5)および点(1.0, 0.0)を通る円弧(ここでは、点(0.5, 0.0)を中心とする半径1.0の円)右上四半円の円弧をトリップ判定ラインとし、これらの直線および円弧を組み合わせたものとしている。ここで、点(0.5, 0.0)はトリップ限界軌跡の横軸最大値との交点を表している。

【0058】なお、前記の例において、簡便化のために横軸の状態量が $y_B/2 \leq y \leq y_B$ の区間における、アラーム判定ラインおよびトリップ判定ラインには真円を用いているが、運用限界軌跡あるいはトリップ限界軌跡とのマージンをより詳細に考慮し、これらは式(5)に示されるような楕円を用いてもよい。

【0059】しかし、図8における要アラームの判定は、実データが何らかの原因により正常トレンド軌跡から外れてアラーム判定ラインに到達した時点でなされる。図8より明らかなように、この要アラームの判定は状態量が小さい場合においてもなし得る。そのため、状態量の閾値により要アラームの判定をなす従来の診断方法に比して早い段階でも要アラームの判定がなし得る。

【0060】また、トリップの判定も同様に実データがトリップ判定ラインに到達した時点でなされる。この場合も前記と同様に状態量の閾値によりトリップの判定をなす従来の診断方法に比して早い段階でもトリップの判定がなし得る。

【0061】この実施形態2の診断方法に適用される診断装置も実施形態1におけるものと同様とされている

が、アラーム判定手段におけるアラーム判定関数が前述のものとされ、またトリップ判定手段におけるトリップ判定関数が前述のものとされている点が異なる。なお、アラーム判定関数に代えてアラーム判定マップが用いられてもよく、またトリップ判定関数に代えてトリップ判定マップが用いられてもよい。

【0062】しかし、この実施形態2の診断方法においても実施形態1と同様の効果が得られる。

【0063】

【実施例】以下、本発明をより具体的な実施例に基づいて説明する。

【0064】実施例1および比較例1

実施例1は実施形態1の具体例の一例であって、プラントの故障の程度が比較的軽い場合のものである。

【0065】この実施例1は、図9に示すように、実データが運転途中において正常トレンドから外れて、従来のアラーム判定値(状態量: 0.8)近傍に収束するような状況のものである。そして、図9に示すものを実施形態1の手法により処理したものが図10に示されている。図10から明らかなように、この実施例1は最終状態においてもアラーム判定ラインに到達していないので、要アラームの判定がなされないのが分かる。

【0066】これに対し、同じカーブについて状態量: 0.8にてアラームを発生するようにされている比較例1においては、最終状態において状態量: 0.8近傍に収束するにもかかわらず、図11に示すように、状態量が0.8に到達した時点でアラームが発せられる。そのため、この比較例1においては、アラームに対する処置を講ずることが要請されることになるので、生産性が低下する。

【0067】このように、この実施例1においては、最終状態(収束状態)における状況の見極めがなし得るので、故障の程度が比較的軽いものについては、アラームが発せられることなく運転が継続される。そのため、生産性が向上する。

【0068】実施例2および比較例2

実施例2は実施形態1の具体例の他の一例であって、プラントの故障の程度が比較的重い場合のものである。

【0069】この実施例2は、図12に示すように、実データが運転途中において正常トレンドから外れて、従来のトリップ判定値(状態量: 1.0)の下方近傍で収束するような状況のものである。そして、図12に示すものを実施形態1の手法により処理したものが図13に示されている。図13から明らかなように、この実施例2軌跡は最終状態の手前においてアラーム判定ラインに到達しているので、要アラームの判定がなされるのが分かる。

【0070】これに対し、同じカーブについて状態量: 0.8にてアラームを発生するようにされている比較例2においては、図14に示すように、状態量が0.8に

到達した時点でアラームが発せられる。

【0071】このように、この実施例2においては、最終状態（収束状態）近傍における状況の見極めがなし得るので、故障の程度が比較的重いものについては比較例2とほぼ同時期にアラームが発せられる（図14参照）ので、従来と同様に故障に対する処置が適切になし得る。

【0072】実施例3および比較例3

実施例3は実施形態1の具体例のさらに他の一例であって、プラントの故障の程度が非常に重い場合のものである。

【0073】この実施例3は、図15に示すように、実データが運転途中において正常トレンドから外れて、従来のトリップ判定値（状態量：1.0）を超えて収束するような状況のものである。そして、図15に示すものを実施形態1の手法により処理したものが図16に示されている。図16から明らかなように、この実施例3軌跡は運転開始後の比較的早い時期にアラーム判定ラインを超えるとともに、最終状態の手前においてトリップ判定ラインにも到達しているため、要アラームの判定がなされるとともに、そのすぐ後にトリップの判定がなされるのが分かる。

【0074】これに対し、同じカーブについて状態量：0.8にてアラームが発生するようにされるとともに、状態量：1にてトリップがなされるようにされている比較例3においては、図17に示すように、状態量が0.8に到達した時点でアラームが発せられるとともに、状態量が1に到達した時点でトリップがなされる。このアラームおよびトリップがなされる時期について実施例3と対比してみると、アラームが発せられる時期およびトリップがなされる時期の双方とも、実施例3においてアラームが発せられる時期およびトリップがなされる時期よりも遅いのが分かる（図17参照）。

【0075】このように、実施例3においては、重大な故障の場合には従来のものよりもアラームが早く発せられるとともにトリップも早くなされるので、プラントの損傷を最小限に抑えることができる。

【0076】実施例4および比較例4

実施例4は実施形態1の診断方法の妥当性を検証するために、実施形態1の診断方法を実機（回転機械）に適用したものである。なお、この実施例4および比較例4においては状態量は規格化されておらず、スラスト軸受温度そのものが状態量とされている。

【0077】図18および図19にスラスト軸受の正常時の温度変化を示す。図18および図19から、このスラスト軸受の温度データは漸近型モデルで近似できるのがわかる。また、図20にメインスラストに異物が混入した場合の温度変化を示す。

【0078】そして、図18、19、20に示すものを実施形態1の手法により処理したものを図21、22、23に示す。なお、図21、22、23には、過去の運

転実績に基づいて作成された正常運用範囲およびトリップ判定ラインも併せて記入されている。

【0079】図23に示すように、実施例4においては、状態量（スラスト軸受温度）が30℃において状態量の時間変化（状態量微分値）がトリップ判定ラインを超えているので、この時点でトリップの判定がなされる。これに対し比較例4では、図24に示すように、スラスト軸受温度が限界値の90℃に到達した時点でトリップの判定をなしている。

【0080】これらのことを時間に換算すると、実施例4では運転開始から約30秒後にトリップの判定がなされるのに対し、比較例4では運転開始から約690秒後にトリップの判定がなされる（図24（b）参照）。したがって、実施例4ではスラスト軸受温度が限界値を超える前に運転停止動作がなされるので、機器に損傷を与えるおそれはほとんどない。これに対し、比較例4ではスラスト軸受温度が限界値を超えてから運転停止動作がなされるので、機器に損傷を与えるおそれ大きい。

【0081】実施例5および比較例5

実施例5は実施形態2の具体例の一例であって、プラントの故障の程度が比較的軽い場合のものである。

【0082】この実施例5は、図25に示すように、実データが運転途中において正常トレンドから外れて、従来のアラーム判定値（状態量：0.8）近傍に収束するような状況のものである。そして、図25に示すものを実施形態2の手法により処理したものが図26に示されている。図26から明らかなように、この実施例5軌跡は最終状態においてもアラーム判定ラインに到達していないので、要アラームの判定がなされないのが分かる。

【0083】これに対し、同じカーブについて状態量：0.8にてアラームが発生するようにされている比較例5においては、最終状態において状態量：0.8近傍に収束するにもかかわらず、図27に示すように、状態量が0.8に到達した時点でアラームが発せられる。そのため、この比較例1においては、アラームに対する処置を講ずることが要請されることになるので、生産性が低下する。

【0084】このように、この実施例5においては、最終状態（収束状態）における状況の見極めがなし得るので、故障の程度が比較的軽いものについては、アラームが発せられることなく運転が継続される。そのため、生産性が向上する。

【0085】実施例6および比較例6

実施例6は実施形態1の具体例の他の一例であって、プラントの故障の程度が比較的重い場合のものである。

【0086】この実施例6は、図28に示すように、実データが運転途中において正常トレンドから外れて、従来のトリップ判定値（状態量：1.0）の下方近傍で収束するような状況のものである。そして、図28に示すものを実施形態1の手法により整理したものが図29

に示されている。図29から明らかなように、この実施例6軌跡は最終状態の手前においてアラーム判定ラインに到達しているの、要アラームの判定がなされるのが分かる。

【0087】これに対し、同じカーブについて状態量：0.8にてアラームを発生するようにされている比較例6においては、図30に示すように、状態量が0.8に到達した時点でアラームが発せられる。

【0088】このように、この実施例6においては、最終状態（収束状態）近傍における状況の見極めがなし得るので、故障の程度が比較的重いものについては比較例6とほぼ同時期にアラームが発せられる（図30参照）ので、従来と同様に故障に対する対策が適切になし得る。

【0089】実施例7および比較例7

実施例7は実施形態2の具体例のさらに他の一例であって、プラントの故障の程度が非常重い場合のものである。

【0090】この実施例7は、図31に示すように、実データが運転途中において正常トレンドから外れて、従来のトリップ判定値（状態量：1.0）を超えて収束するような状況のものである。そして、図31に示すものを実施形態1の手法により処理したものが図32に示されている。図32から明らかなように、この実施例7軌跡は運転開始後の比較的早い時期にアラーム判定ラインを超えるとともに、最終状態の手前においてトリップ判定ラインにも到達しているの、要アラームの判定がなされるとともに、そのすぐ後にトリップの判定がなされるのが分かる。

【0091】これに対し、同じカーブについて状態量：0.8にてアラームを発生するようにされるとともに、状態量：1にてトリップがなされるようにされている比較例7においては、図33に示すように、状態量が0.8に到達した時点でアラームが発せられるとともに、状態量が1に到達した時点でトリップがなされる。このアラームおよびトリップがなされる時期について実施例7と対比してみると、アラームが発せられる時期およびトリップがなされる時期の双方とも、実施例7においてアラームが発せられる時期およびトリップがなされる時期よりも遅いのが分かる（図33参照）。

【0092】このように、実施例7においては、重大な故障の場合には従来のものよりもアラームが早く発せられるとともにトリップも早くなされるので、プラントの損傷を最小限に抑えることができる。

【0093】以上、本発明を実施形態および実施例に基づいて説明してきたが、本発明はかかる実施形態および実施例に限定されるものではなく、種々改変が可能である。

【0094】例えば、図5に示す診断装置のロジック構成の一例を図34に示すが、同等の機能を有する他のロジックによって構成されてもよい。また、図34に示す

ようなワイヤードロジック回路を主要部に用いたものとされてもよい。

【0095】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば次のような優れた効果が得られる。

【0096】（1）状態量の小さい段階、つまり運転開始後の早い段階において機器の異常が予測できるので、機器の動作異常による機器の損傷を最小限に抑えることができる。

【0097】（2）状態量とその時間変化率の関係より異常を予測しているの、機器の種類に関係なく適用が可能であり汎用性が高い。

【0098】（3）過去の実データを診断のために保持する必要がないので、診断装置の構成が簡素化される。

【0099】（4）状態量とその時間変化率の関係より異常を予測しているの、異常の判定に時間スケールが関係することはない。そのため、短時間の連続時間トレンドの運転形態ばかりでなく、長時間の離散時間トレンドの運転形態についての診断もなし得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1の診断方法が適用されるプラントのトレンドパターンを示すグラフである。

【図2】同実施形態1の診断方法が適用されているプラントの状態量と状態量微分値との関係を示すグラフである。

【図3】図2に示すグラフにアラーム判定ラインおよびトリップ判定ラインを追記したグラフである。

【図4】同実施形態1の診断方法に利用される診断装置の概略図である。

【図5】図4に示す診断装置の電氣的構成の概略図である。

【図6】本発明の実施形態2の診断方法が適用されるプラントのトレンドパターンを示すグラフである。

【図7】同実施形態2の診断方法が適用されているプラントの状態量と状態量微分値との関係を示すグラフである。

【図8】図7に示すグラフにアラーム判定ラインおよびトリップ判定ラインを追記したグラフである。

【図9】実施例1および比較例1のトレンドパターンを示すグラフである。

【図10】実施例1における状態量と状態量微分値の関係を示すグラフである。

【図11】実施例1および比較例1における判定結果を示すグラフである。

【図12】実施例2および比較例2のトレンドパターンを示すグラフである。

【図13】実施例2における状態量と状態量微分値の関係を示すグラフである。

【図14】実施例2および比較例2における判定結果を示すグラフである。

【図15】実施例3および比較例3のトレンドパターンを示すグラフである。

【図16】実施例3における状態量と状態量微分値の関係を示すグラフである。

【図17】実施例3および比較例3における判定結果を示すグラフである。

【図18】実施例4の正常状態におけるスラスト軸受温度の時間変化の一例を示すグラフである。

【図19】実施例4の正常状態におけるスラスト軸受温度の時間変化の他の例を示すグラフである。

【図20】実施例4の異常状態におけるスラスト軸受温度の時間変化の一例を示すグラフである。

【図21】図18のグラフに対する状態量と状態量微分値の関係を示すグラフである。

【図22】図19のグラフに対する状態量と状態量微分値の関係を示すグラフである。

【図23】図20のグラフに対する状態量と状態量微分値の関係を示すグラフである。

【図24】実施例4および比較例4の関するグラフであって、同(a)は異常状態におけるスラスト軸受温度の時間変化を示すグラフであり、同(b)は実施例4および比較例4の判定結果を示すグラフである。

【図25】実施例5および比較例5のトレンドパターンを示すグラフである。

【図26】実施例5における状態量と状態量微分値の関係を示すグラフである。

【図27】実施例5および比較例5における判定結果を示すグラフである。

【図28】実施例6および比較例6のトレンドパターンを示すグラフである。

【図29】実施例6における状態量と状態量微分値の関係を示すグラフである。

【図30】実施例6および比較例6における判定結果を示すグラフである。

【図31】実施例7および比較例7のトレンドパターンを示すグラフである。

【図32】実施例7における状態量と状態量微分値の関係を示すグラフである。

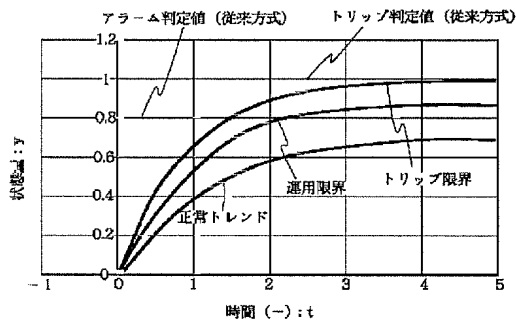
【図33】実施例7および比較例7における判定結果を示すグラフである。

【図34】本発明の他の実施形態における診断装置ブロック図である。

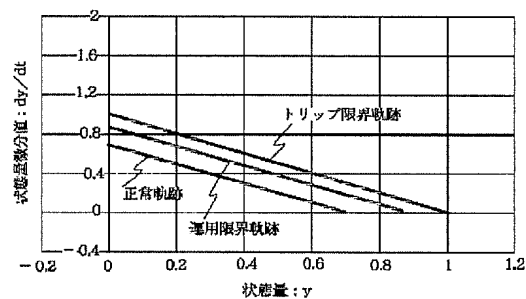
【符号の説明】

- 10 診断装置
- 11 状態量検出手段
- 12 状態量微分値算出手段
- 13 アラーム判定手段
- 14 トリップ判定手段

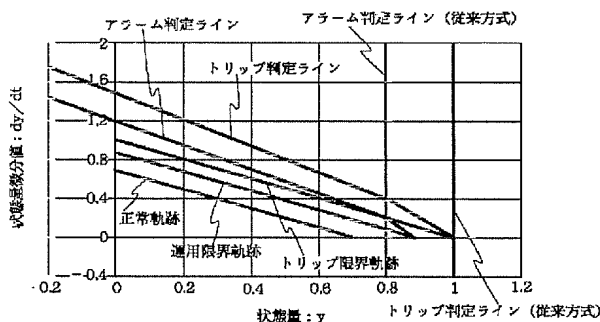
【図1】



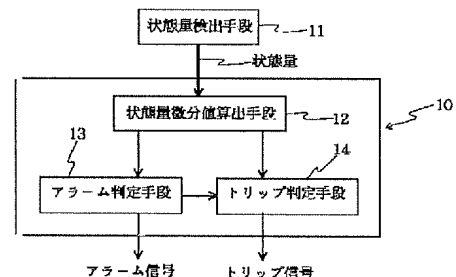
【図2】



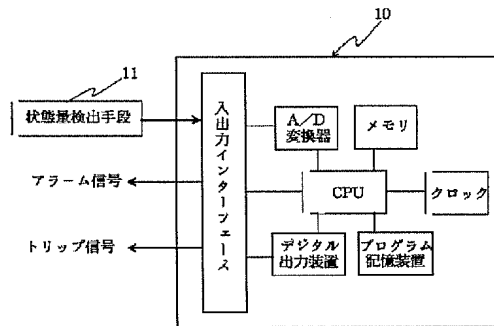
【図3】



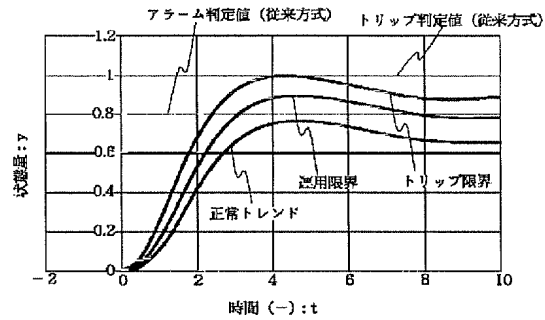
【図4】



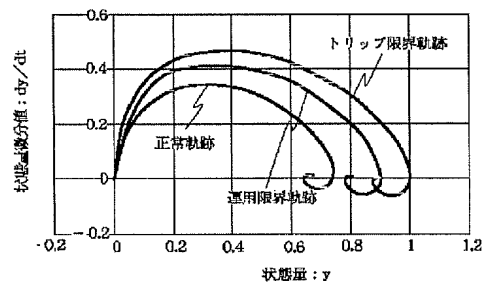
【図5】



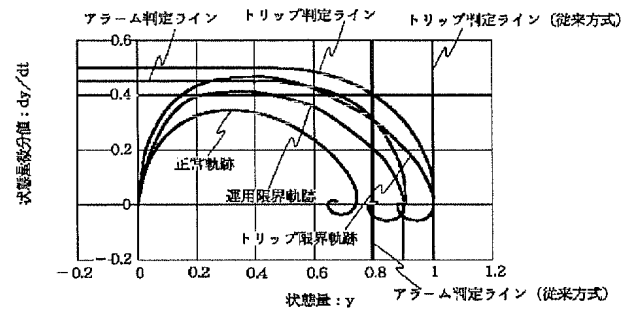
【図6】



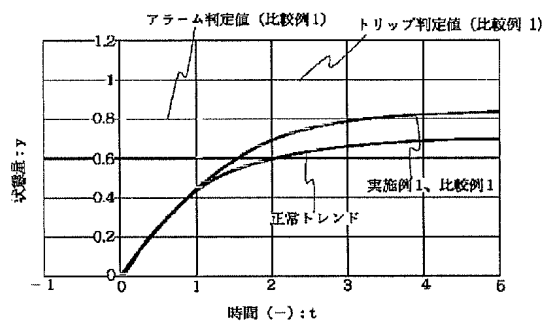
【図7】



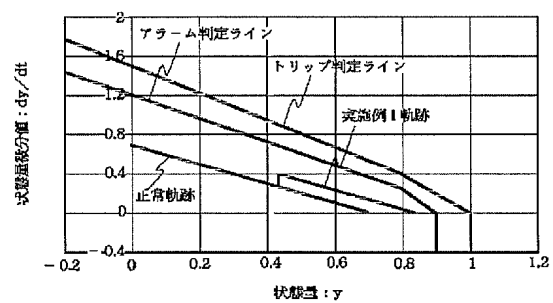
【図8】



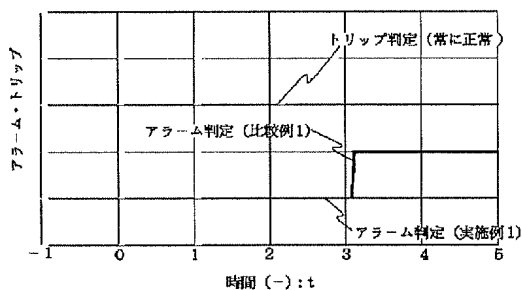
【図9】



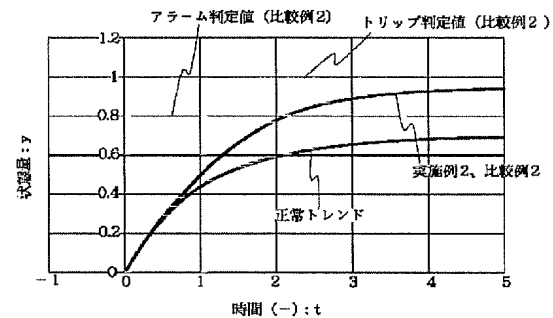
【図10】



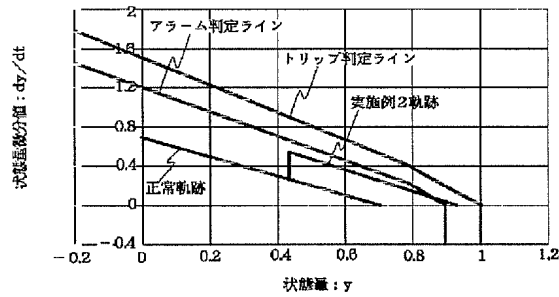
【図11】



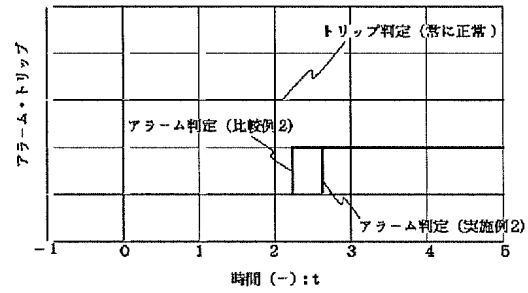
【図12】



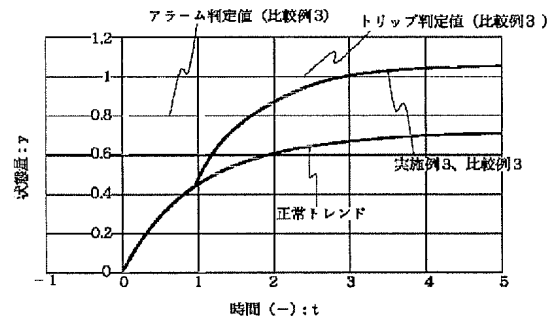
【図13】



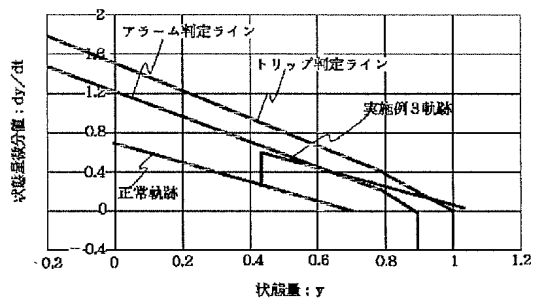
【図14】



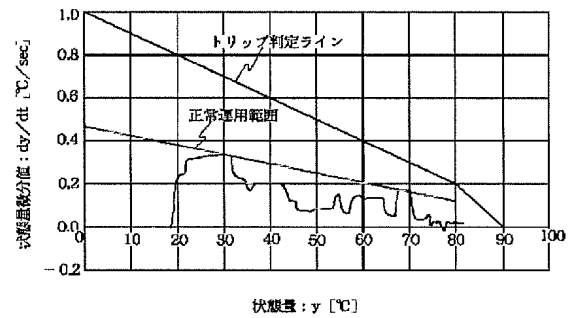
【図15】



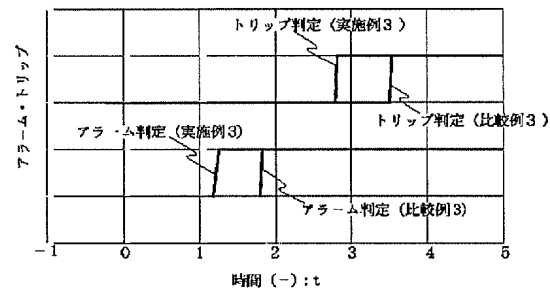
【図16】



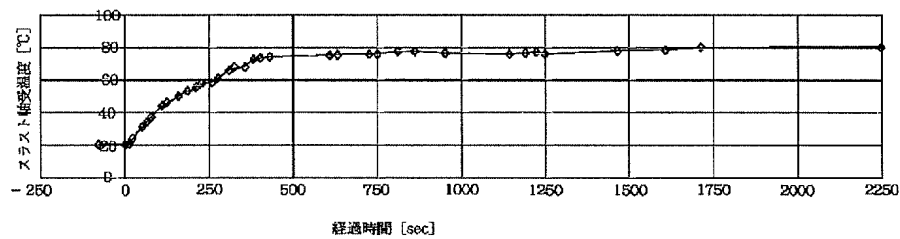
【図21】



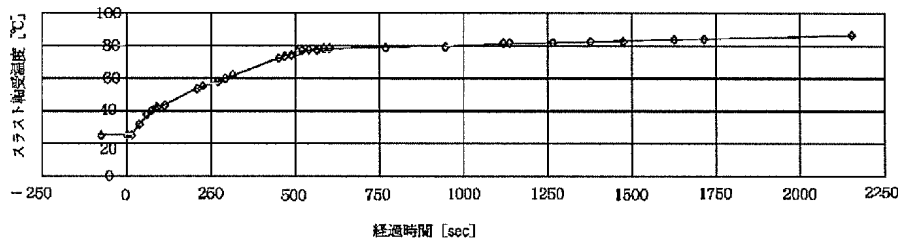
【図17】



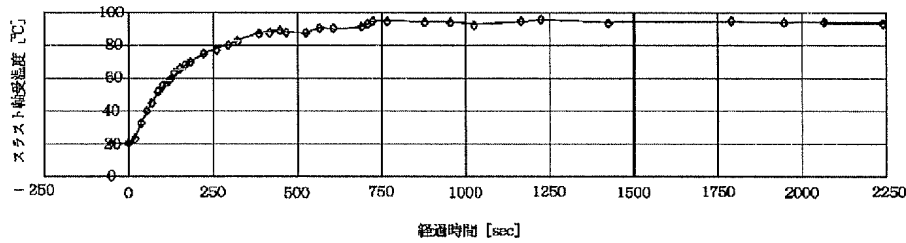
【図18】



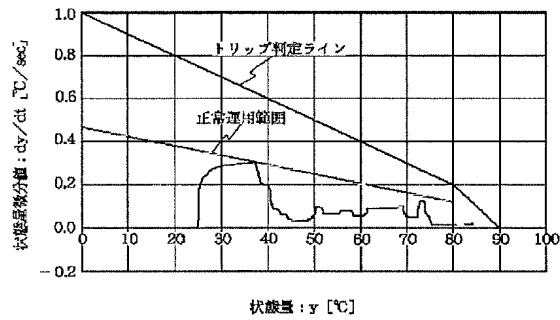
【図19】



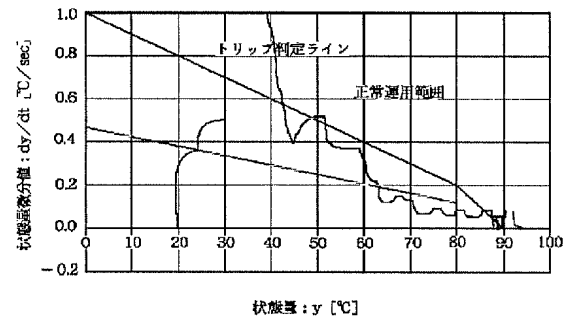
【図20】



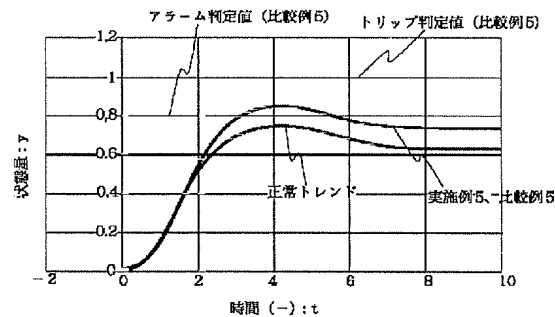
【図22】



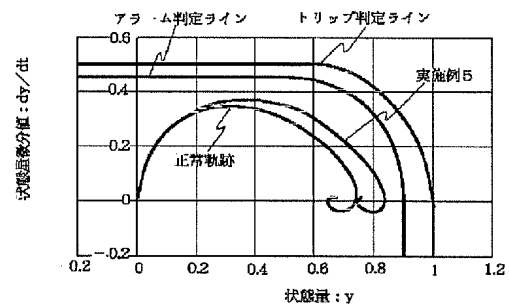
【図23】



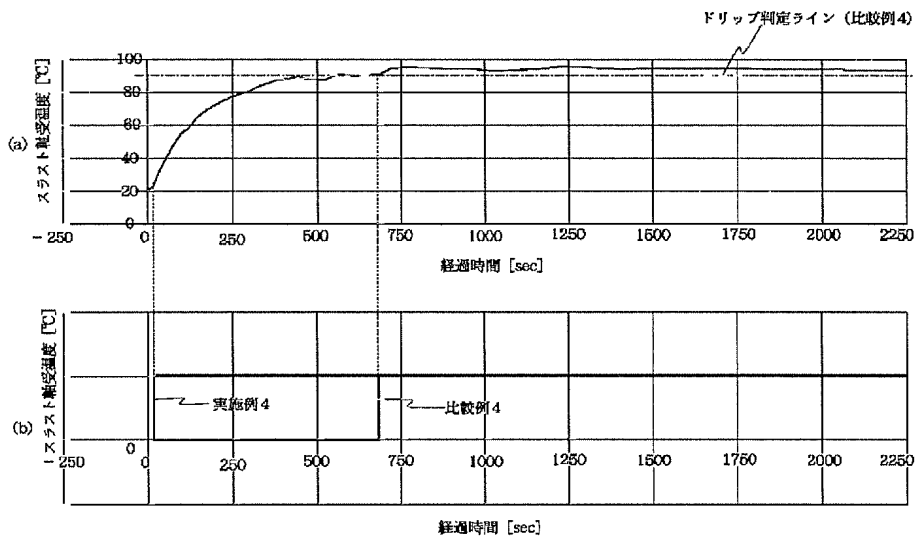
【図25】



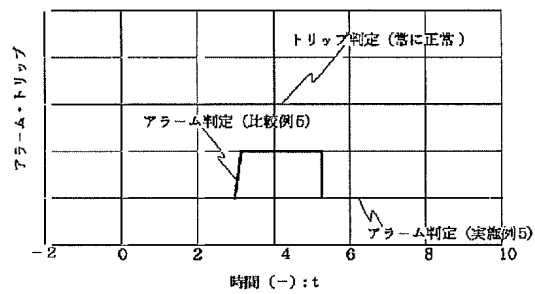
【図26】



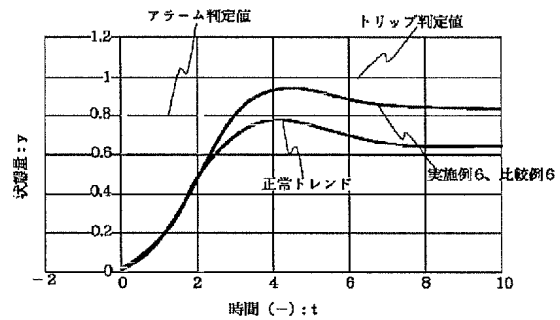
【図24】



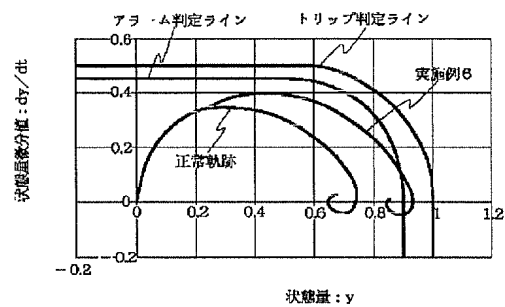
【図27】



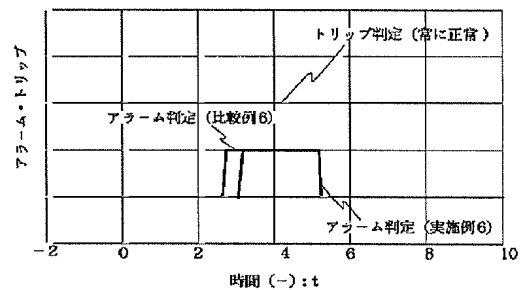
【図28】



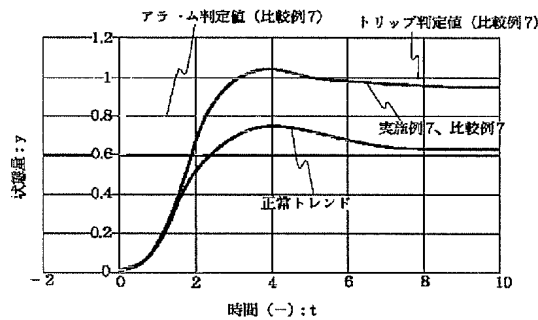
【図29】



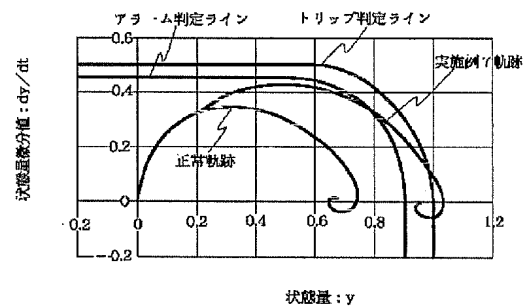
【図30】



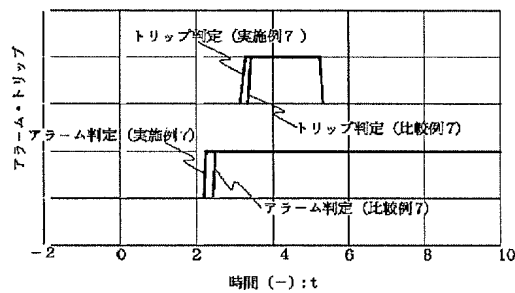
【図31】



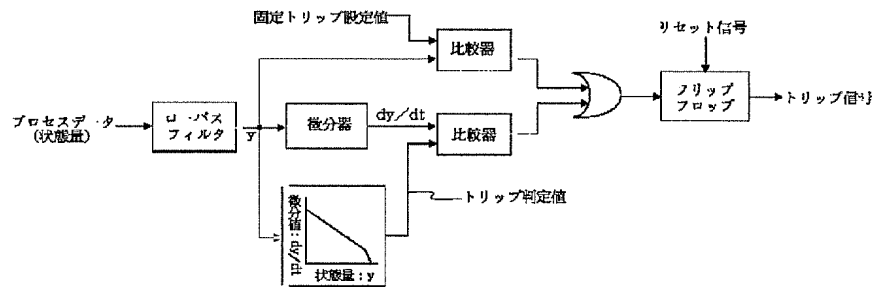
【図32】



【図33】



【図34】



【手続補正書】

【提出日】平成12年7月6日(2000.7.6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 状態量の時間的変化が特定のパターンとなる機器に適用される診断方法であって、前記機器の運用限界を予め運用限界軌跡として設定するとともに、前記運用限界軌跡を超えた位置にアラ-

ーム判定ラインを設定し、検出された状態量の時間微分値が前記アラーム判定ラインを超えた場合、要アラームの判定をなすことを特徴とする機器の診断方法。

【請求項2】 前記アラーム判定ラインを超えた位置にトリップ判定ラインを設定し、検出された状態量の時間微分値が前記トリップ判定ラインを超えた場合、要トリップの判定をなすことを特徴とする請求項1記載の機器の診断方法。

【請求項3】 前記パターンが、漸近型パターンまたはオーバーシュート型パターンなどの特定の時間的変化パターンに近似できるものであることを特徴とする請求項

1記載の機器の診断方法。

【請求項4】 前記機器が連続的運転形態または離散的運転形態とされてなることを特徴とする請求項1記載の機器の診断方法。

【請求項5】 状態量の時間的変化が特定のパターンとなる機器に適用される診断装置であって、入力された状態量の時間微分値を生成する状態量微分値算出手段と、前記時間微分値に基づいて機器の要アラームの判定をなすアラーム判定手段とを備え、要アラームの判定をなすためのアラーム判定ラインを、前記機器の運用限界軌跡を超えた位置に予め設定しておき、検出された状態量の時間微分値が前記アラーム判定ラインを超えた場合にアラーム信号を出力することを特徴とする機器の診断装置。

【請求項6】 状態量の時間的変化が特定のパターンとなる機器に適用される診断装置であって、入力された状態量の時間微分値を生成する状態量微分値算出手段と、前記時間微分値に基づいて機器の要トリップの判定をなすトリップ判定手段とを備え、要トリップの判定をなすためのトリップ判定ラインを、前記機器の運用限界軌跡およびアラーム判定ラインを超えた位置に予め設定しておき、検出された状態量の時間微分値が前記トリップ判定ラインを超えた場合にトリップ信号を出力することを特徴とする機器の診断装置。

【請求項7】 前記パターンが、漸近型パターンまたはオーバーシュート型パターンなどの特定の時間的変化パターンに近似できるものであることを特徴とする請求項5または6記載の機器の診断装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の機器の診断方法は、状態量の時間的変化が特定のパターンとなる機器に適用される診断方法であって、前記機器の運用限界を予め運用限界軌跡として設定するとともに、前記運用限界軌跡を超えた位置にアラーム判定ラインを設定し、検出された状態量の時間微分値が前記アラーム判定ライ

ンを超えた場合、要アラームの判定をなすことを特徴とする。なお、前記アラーム判定ラインを超えた位置にトリップ判定ラインを設定し、検出された状態量の時間微分値が前記トリップ判定ラインを超えた場合、要トリップの判定をなしてもよい。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】削除

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】 一方、本発明の機器の診断装置の第1形態は、状態量の時間的変化が特定のパターンとなる機器に適用される診断装置であって、入力された状態量の時間微分値を生成する状態量微分値算出手段と、前記時間微分値に基づいて機器の要アラームの判定をなすアラーム判定手段とを備え、要アラームの判定をなすためのアラーム判定ラインを、前記機器の運用限界軌跡を超えた位置に予め設定しておき、検出された状態量の時間微分値が前記アラーム判定ラインを超えた場合にアラーム信号を出力することを特徴とする。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】 本発明の機器の診断装置の第2形態は、状態量の時間的変化が特定のパターンとなる機器に適用される診断装置であって、入力された状態量の時間微分値を生成する状態量微分値算出手段と、前記時間微分値に基づいて機器の要トリップの判定をなすトリップ判定手段とを備え、要トリップの判定をなすためのトリップ判定ラインを、前記機器の運用限界軌跡およびアラーム判定ラインを超えた位置に予め設定しておき、検出された状態量の時間微分値が前記トリップ判定ラインを超えた場合にトリップ信号を出力することを特徴とする。

フロントページの続き

(72)発明者 足利 貢
明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社
明石工場内

(72)発明者 杉本 隆雄
明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社
明石工場内

(72)発明者 永井 勝史
明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社
明石工場内

(72)発明者 笠 正憲
明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社
明石工場内

(註 6)) 01-166824 (P2001-166824A)

Fターム(参考) 5H223 AA01 DD03 EE06 FF02 FF06